

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-9602

(43) 公開日 平成9年(1997)1月10日

| | | | | |
|---------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| H 0 2 K 37/14 | | | H 0 2 K 37/14 | K |
| | | | | B |
| 1/27 | 5 0 1 | | 1/27 | 5 0 1 A |
| 16/02 | | | 16/02 | |

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平7-179321

(22) 出願日 平成7年(1995)6月21日

(71) 出願人 000003470

豊田工機株式会社

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

(71) 出願人 594012597

土田 健夫

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番1号

豊田工業大学内

(72) 発明者 土田 健夫

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番1号

豊田工業大学内

(72) 発明者 福岡 賢一

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工

機株式会社内

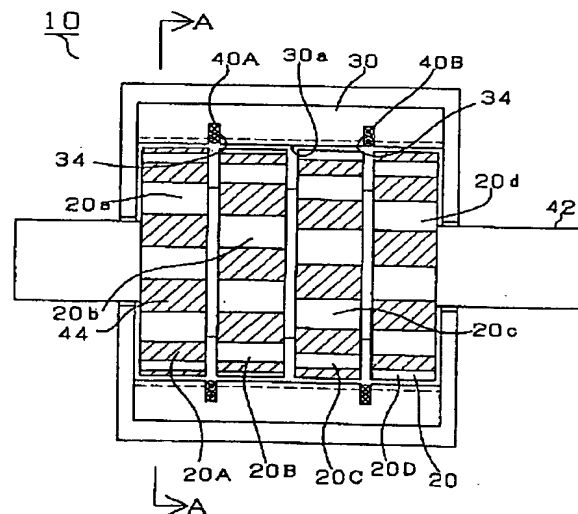
(74) 代理人 弁理士 田下 明人 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ステッピングモータ

(57) 【要約】

【目的】 小型で高トルクを発生し得るステッピングモータを提供する。

【構成】 第1ロータ部20Aと第2ロータ部20Bの両永久磁石44のピッチを1/2ずらし、同様に第3ロータ部20Cと第4ロータ部20Dの両永久磁石44のピッチを1/2ずらして配置することによって、ステータ30の極歯32と永久磁石44との位置関係を回転方向に偏位させる。第1コイル部40Aと第2コイル部40Bとが通電され、ステータ30に磁束が発生すると、第1ロータ部20Aと第2ロータ部20Bとの永久磁石44に発生する推力と、第3ロータ部20Cと第4ロータ部20Dとの永久磁石44に発生する推力とが合わされてロータ20が回転する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステータと、

永久磁石を外周又は内周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部とを有するロータと、

前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、

前記第1ロータ部の前記永久磁石により発生させる磁束と前記コイルにより前記ステータにて発生させる磁束との相関関係と、前記第2ロータ部の前記永久磁石により発生させる磁束と前記コイルにより前記ステータにて発生させる磁束との相関関係を回転方向に偏位させたことを特徴とするステッピングモータ。

【請求項2】 同じ磁極が外側を指向するように永久磁石を外周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部とを有するロータと、

前記ロータを嵌装する筒状部材で形成され、内周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、

前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、

前記第1ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係と、前記第2ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係を回転方向に偏位させたことを特徴とするステッピングモータ。

【請求項3】 同じ磁極が内側を指向するように永久磁石を内周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部とを有するロータと、

外周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、

前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、

前記第1ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係と、前記第2ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係を回転方向に偏位させたことを特徴とするステッピングモータ。

【請求項4】 前記第1ロータ部と前記第2ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、前記極歯と当該両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させたことを特徴とする請求項2又は3のステッピングモータ。

【請求項5】 同じ磁極が外側を指向するように永久磁石を外周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部と第3ロータ部と第4ロータ部とを有するロータと、

前記ロータを嵌装する筒状部材で形成され、内周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、

前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線

方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる第1コイル部と、第2コイル部とを有するコイルであって、第1コイル部が、第1ロータ部及び第2ロータ部と対応し、第2コイル部が第3ロータ部及び第4ロータ部と対応し、第1コイル部と第2コイル部とが通電されると共に、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、前記第1ロータ部と前記第2ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、前記第3ロータ部と前記第4ロータ部の両永久磁石のピッチ位置を、前記第1ロータ部、前記第2ロータ部間と同量ずらして配置し、前記極歯と両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させ、前記第2ロータ部と前記第3ロータ部との両永久磁石のピッチ位置をずらして配置したことを特徴とするステッピングモータ。

【請求項6】 同じ磁極が内側を指向するように永久磁石を内周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部と第3ロータ部と第4ロータ部とを有するロータと、

外周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、

前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる第1コイル部と、第2コイル部とを有するコイルであって、第1コイル部が、第1ロータ部及び第2ロータ部と対応し、第2コイル部が第3ロータ部及び第4ロータ部と対応し、第1コイル部と第2コイル部とが通電されると共に、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、前記第1ロータ部と前記第2ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、前記第3ロータ部と前記第4ロータ部の両永久磁石のピッチ位置を、前記第1ロータ部、前記第2ロータ部間と同量ずらして配置し、前記極歯と両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させ、前記第2ロータ部と前記第3ロータ部との両永久磁石のピッチ位置をずらして配置したことを特徴とするステッピングモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ステッピングモータに関し、特に、ロボットハンドの指関節等を減速機を介さずに直接駆動し得るステッピングモータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、電子機器（例えばプリンタのヘッド等）の駆動源としてステッピングモータが用いられている。このステッピングモータは、パルス電流を与えることでフィードバック制御を用いることなしに回転角度の制御が可能な反面、その構造上高いトルクを発生するためにはモータ自身が大型化してしまい、例えば、ロボットハンドの指関節を直接駆動（ダイレクトドライブ）するためには用いられていなかった。

10

20

30

40

50

【0003】ステッピングモータには、VR型、PM型、HB型がある。図15は従来技術に係るVR型のステッピングモータを示している。このステッピングモータでは、ロータ120に極歯122が、また、ステータ130には極歯132が設けられ、各極歯132には、ステータ130の円周に沿って第1相コイル140A、第2相コイル140B、第3相コイル140Cが巻回されている。そして、スイッチSaを閉じて第1相コイル140Aを励磁することにより、第1相コイル140Aの巻回された極歯に対応箇所のステータの極歯が吸引されて、ロータ120が回転される。同様に、スイッチSbを閉じて第2相コイル140Bを励磁し、スイッチScを閉じて第3相コイル140Cを励磁することにより、ロータ120は15°づつステップ状に回転して行く。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術のVR型ステッピングモータ及びHB型ステッピングモータにおいては、ロータの極歯とステータの極歯との間での吸引力によってのみ回転力を得ているために、トルクを大きくできないという課題があった。また、ステータの極歯にコイルを巻回する構造を取るため、各極歯にコイルを機械によって巻くことが困難であった。更に、極歯にコイルを巻回するため、ステータ側の極歯の間隔を短くできず、直接回転トルク発生に寄与しない無駄なスペースが多くなって、小型化が図り難いという課題があった。

【0005】また、PM型ステッピングモータでは、吸引・反発力を用いているが、VR型ステッピングモータ同様にステータに複数の極歯を有する突極型のものは、極歯にコイルを巻回するため、ステータ側の極歯の間隔を短くできず、微小歯構造を設けることができないため、直接回転トルク発生に寄与しない無駄なスペースが多くなって、高いトルクを発生し得なかった。また、ステータの軸線方向に歯部を有する2つの円周部材を互いの歯部をかみ合わせて配置したステータの外周にコイルを巻回し、半径方向にS極又はN極が指向する棒状の永久磁石をロータ表面に交互に配置した分布継続型は、ステータの磁路の問題から、ステータとロータとのギャップ部の磁束密度を大きくすることができず、高トルク化が図り得なかった。

【0006】本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、小型で高トルクを発生し得るステッピングモータを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、請求項1のステッピングモータでは、ステータと、永久磁石を外周又は内周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部とを有するロータと、前記ステータ

の円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、前記第1ロータ部の前記永久磁石により発生させる磁束と前記コイルにより前記ステータにて発生させる磁束との相関関係と、前記第2ロータ部の前記永久磁石により発生させる磁束と前記コイルにより前記ステータにて発生させる磁束との相関関係を回転方向に偏位させたことを要旨とする。

【0008】上記の目的を達成するため、請求項2のステッピングモータでは、同じ磁極が外側を指向するように永久磁石を外周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部とを有するロータと、前記ロータを嵌装する筒状部材で形成され、内周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、前記第1ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係と、前記第2ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係を回転方向に偏位させたことを要旨とする。

【0009】上記の目的を達成するため、請求項3のステッピングモータでは、同じ磁極が内側を指向するように永久磁石を内周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部とを有するロータと、外周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、前記第1ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係と、前記第2ロータ部の前記永久磁石と前記極歯との位置関係を回転方向に偏位させたことを要旨とする。

【0010】請求項4のステッピングモータでは、請求項2又は3において、前記第1ロータ部と前記第2ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、前記極歯と当該両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させたことを要旨とする。

【0011】上記の目的を達成するため、請求項5のステッピングモータでは、同じ磁極が外側を指向するように永久磁石を外周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部と第3ロータ部と第4ロータ部とを有するロータと、前記ロータを嵌装する筒状部材で形成され、内周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる第1コイル部と、第2コイル部とを有するコイルであって、第1コイル部が、第1ロータ部及び第2ロータ部と対応し、第2コイル部が第3ロータ部及び第4ロータ部と対応し、第1コイル部と第2コイル部とが通電されると共に、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、前記第1ロータ部と前記第2ロータ部の

両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、前記第3ロータ部と前記第4ロータ部の両永久磁石のピッチ位置を、前記第1ロータ部、前記第2ロータ部間と同量ずらして配置し、前記極歯と両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させ、前記第2ロータ部と前記第3ロータ部との両永久磁石のピッチ位置をずらして配置したことを要旨とする。

【0012】上記の目的を達成するため、請求項6のステッピングモータでは、同じ磁極が内側を指向するように永久磁石を内周に等ピッチで配置した第1ロータ部と第2ロータ部と第3ロータ部と第4ロータ部とを有するロータと、外周に前記永久磁石のピッチと同ピッチの極歯が突設されたステータと、前記ステータの円周方向に巻回され前記ステータの軸線方向を含む平面上にループ状の磁束を発生させる第1コイル部と、第2コイル部とを有するコイルであって、第1コイル部が、第1ロータ部及び第2ロータ部と対応し、第2コイル部が第3ロータ部及び第4ロータ部と対応し、第1コイル部と第2コイル部とが通電されると共に、通電方向の切り換えのなされるコイルと、を有し、前記第1ロータ部と前記第2ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、前記第3ロータ部と前記第4ロータ部の両永久磁石のピッチ位置を、前記第1ロータ部、前記第2ロータ部間と同量ずらして配置し、前記極歯と両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させ、前記第2ロータ部と前記第3ロータ部との両永久磁石のピッチ位置をずらして配置したことを要旨とする。

【0013】

【作用】請求項1の構成では、第1ロータ部と第2ロータ部との外周又は内周に取り付けられた複数の永久磁石により発生される磁束と、コイルによってステータにて軸線方向と平行な平面上をループ状に発生させる磁束との相関関係を回転方向に偏位させてあるため、ステータに磁束が発生すると、第1ロータ部と第2ロータ部との永久磁石に発生する推力が合わされて、ロータが駆動される。そして、コイルの通電方向の切り換えに伴い、ロータが一方へ回転する。請求項1の構成では、ロータの外周又は内周に配置された全ての永久磁石の吸引力および反発力にて推力が発生するため、ステッピングモータのトルクが大きくなる。また、コイルがステータ側に巻回され、極歯にはコイルが配置されないため、極間距離を短くできステッピングモータを小型化することが可能となる。

【0014】請求項2の構成では、第1ロータ部の永久磁石と極歯との位置関係、及び、第2ロータ部の永久磁石と極歯との位置関係を回転方向に偏位させてあるため、ステータに磁束が発生すると、第1ロータ部と第2ロータ部との永久磁石に発生する推力が合わされて、ロータが駆動される。そして、コイルの通電方向の切り換えに伴い、ロータが一方へ回転する。請求項2の構成

では、ロータの外周に配置された全ての永久磁石の吸引力及び反発力にて推力が発生するため、ステッピングモータのトルクが大きくなる。また、コイルがステータ側に巻回され、極歯にはコイルが配置されないため、極間距離を短くすることができステッピングモータを小型化することが可能となる。

【0015】請求項3の構成では、第1ロータ部の永久磁石と極歯との位置関係、及び、第2ロータ部の永久磁石と極歯との位置関係を回転方向に偏位させてあるため、ステータに磁束が発生すると、第1ロータ部と第2ロータ部との永久磁石に発生する推力に差が発生し、又は、第1ロータ部と第2ロータ部との永久磁石に発生する推力が合わされて、ロータが駆動される。そして、コイルの通電方向の切り換えに伴い、ロータが一方へ回転する。請求項3の構成では、ロータの内周に配置された全ての永久磁石の吸引力および反発力にて推力が発生するため、ステッピングモータのトルクが大きくなる。また、コイルがステータ側に巻回され、極歯にはコイルが配置されないため、極間距離を短くすることができステッピングモータを小型化することが可能となる。

【0016】請求項4の構成では、第1ロータ部と第2ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、極歯と両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させてあるため、ステータに磁束が発生すると、第1ロータ部と第2ロータ部との永久磁石に発生する推力が合わされてロータが駆動される。即ち、第1ロータ部の永久磁石と極歯との間に吸引力が働くときは、第2ロータ部の永久磁石と極歯との間に反発力が働くと共に、第2ロータ部の表面と極歯との間に吸引力が働き、また、第1ロータ部の永久磁石と極歯との間に反発力が働くときは、第1ロータ部の表面と極歯との間に吸引力が働くと共に、第2ロータ部の永久磁石と極歯との間に吸引力が働く。即ち、請求項4の構成では、第1ロータ部と第2ロータ部との全ての永久磁石の推力が加算されると共に極歯がロータの表面を吸引する推力が加算されると共に極歯がロータの表面を吸引する推力が加算されるため、ステッピングモータのトルクが大きくなる。

【0017】請求項5又請求項6の構成では、第1ロータ部と第2ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらし、同様に第3ロータ部と第4ロータ部の両永久磁石のピッチ位置をずらして配置し、極歯と両永久磁石との位置関係を回転方向に偏位させてあるため、ステータに磁束が発生すると、第1ロータ部と第2ロータ部との永久磁石に発生する推力と、第3ロータ部と第4ロータ部との永久磁石に発生する推力とが合わされてロータが回転する。即ち、第1ロータ部、第3ロータ部の永久磁石と極歯との間に吸引力が働くときは、第2ロータ部、第4ロータ部の永久磁石と極歯との間に反発力が働くと共に第2ロータ部、第4ロータ部の表面と極歯との間に吸引力が働き、また、第1ロータ部、第3ロータ部の永久磁

石と極歯との間に反発力が働くときは、第1ロータ部、第3ロータ部の表面と極歯との間に吸引力が働くと共に、第2ロータ部第4ロータ部の永久磁石と極歯との間に吸引力が働く。即ち、請求項5又は6の構成では、第1ロータ部〜第4ロータ部の全ての永久磁石の推力が加算されるため、ステッピングモータのトルクが大きくなる。また、第2ロータ部と第3ロータ部との間に両永久磁石のピッチ位置をずらして配置してあるため、第1ロータ部と第2ロータ部とが推力を発生しない位置に停止しているときは、第3ロータ部と第4ロータ部が一定方向の推力を発生させ、反対に、第3ロータ部と第4ロータ部とが推力を発生しない位置に停止しているときは、第1ロータ部と第2ロータ部が当該一定方向の推力を発生させ、常に一定方向に起動することができる。

【0018】

【実施例】以下、本発明を具体化した実施例について図を参照して説明する。図1は、本発明の第1実施例に係るステッピングモータの一部切り欠き側面図であり、図2は、図1のA-A断面図である。当該ステッピングモータ10は、鉄等の磁性材料から成るステータ30とロータ20とから構成されている。ロータ20は、円形の平板状に形成された第1ロータ部20Aと、第2ロータ部20Bと、第3ロータ部20Cと、第4ロータ部20Dとの4つのロータ部から構成されている。それぞれのロータ部には、図2に示すように等ピッチで凹部22が形成されており、それぞれの凹部22には、N極を外側に指向させて永久磁石44が嵌合されている。ここで、図1に示すように第1ロータ部20Aと第2ロータ部20Bとは、永久磁石44の1/2ピッチ分ずらされ、軸42に固定されている。同様に、第3ロータ部20Cと第4ロータ部20Dとは、永久磁石44の1/2ピッチ分ずらされ、軸42に固定されている。また、第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bと、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dとは、永久磁石44の1/4ピッチ分ずらされている。

【0019】図2に示すようにロータ20を嵌装するステータ30は円筒状の部材であり、内周にはロータ20の永久磁石44のピッチと等ピッチで極歯32が周設されている。また、ステータ30の内周面30aには、第1ロータ部20Aと第2ロータ部20Bとの連結部に対応する位置および第3ロータ部20Cと第4ロータ部20Dとの連結部に対応する位置にそれぞれ溝34が周設されている。そして、この溝34にはそれぞれループ状に巻回された第1コイル40Aおよび第2コイル40Bがそれぞれ嵌合されている。

【0020】次に、図3及び図4を参照して、ステータ30に発生する磁束と、該磁束によって永久磁石44に発生する力の向きについて説明する。まず、図3を参照し、第1コイル部40Aに図中の表面に向けて電流が流されると、ステータ30内に図中左向きの磁束M1がフ

レミングの法則に従い発生する。これにより、第1ロータ部20Aに対応するステータ30の部位がN極に磁化され、第2ロータ部20Bに対応するステータ30の部位がS極に磁化される。また、第2コイル部40Bに図中の裏面に向けて電流が流されると、ステータ30内に図中右向きの磁束M2が発生する。これにより、第3ロータ部20Cに対応するステータ30の部位がS極に磁化され、第4ロータ部20Dに対応するステータ30の部位がN極に磁化される。

【0021】このステータ30の第1ロータ20Aに対応する部位のN極と、第1ロータ20Aに配置された永久磁石44のN極が図3に示すように反発する際に、第2ロータ20Bに配置された永久磁石44のN極は、ステータ30のS極に対して吸引力を發揮する。同様に、ステータ30の第3ロータ20Cに対応する部位のS極と、第3ロータ20Cに配置された永久磁石44のN極が図に示すように吸引力を發揮する際には、第4ロータ20Dに配置された永久磁石44のN極は、ステータ30のN極に対して反発力を發揮する。なお、図3において永久磁石44と極歯32との間で作用する吸引力および反発力は全て紙面上の同一平面内で作用しているように図示されているが、上述したように第1〜第4ロータ部の永久磁石44は互いにずれているため実際には同一平面内では作用しておらず、ロータ20の回転方向にずれている。

【0022】一方、図4に示すように、第1コイル部40A及に第2コイル部40Bの通電方向がそれぞれ反転された際には、即ち、第1コイル部40Aに図中の裏面に向けて電流が流されると、ステータ30内に図中右向きの磁束M3が発生する。これにより、第1ロータ部20Aに対応するステータ30の部位がS極に磁化され、第2ロータ部20Bに対応するステータ30の部位がN極に磁化される。また、第2コイル部40Bに図中の表面に向けて電流が流されると、ステータ30内に図中左向きの磁束M4が発生する。これにより、第3ロータ部20Cに対応するステータ30の部位がN極に磁化され、第4ロータ部20Dに対応するステータ30の部位がS極に磁化される。なお、図4においても図3と同様に永久磁石44と極歯32との間で作用する吸引力および反発力は同一平面内では作用しておらず、ロータ20の回転方向にずれている。

【0023】このステータ30の第1ロータ20Aに対応する部位のS極と、第1ロータ20Aに配置された永久磁石44のN極が図に示すように吸引力を発生する際に、第2ロータ20Bに配置された永久磁石44のN極は、ステータ30のN極に対して反発する。同様に、ステータ30の第3ロータ20Cに対応する部位のN極と、第3ロータ20Cに配置された永久磁石44のN極が図に示すように反発する際に、第4ロータ20Dに配置された永久磁石44のN極は、ステータ30のS極に

吸引される。上述したように第1実施例のステッピングモータ10では、第1ロータ部20A～第4ロータ部20Dに取り付けられた全ての永久磁石44において、ステータ30の円周に沿って同様に反発力及び吸引力を発生する。

【0024】ロータ20とステータ30との間に発生する反発力及び吸引力について図13を参照して更に詳細に説明する。図13(A)に示すように、ステータ30の極歯32が、対向する永久磁石44と同じ極性を持つとき、従来のVR型ステッピングモータ同様にロータ20の鉄芯20aを吸引することによりトルクを発生する。また、行き場のなくなった永久磁石44の磁力線は、永久磁石44の表裏で渦を巻き、ロータ20の鉄芯20bを通る磁力線との間に反発力を発生する。他方、図13(B)に示すように、ステータ30の極歯32が、対向する永久磁石44と反対の極性を持つとき、永久磁石44の吸引によりトルクを発生する。

【0025】次に、図5を参照して第1ロータ部20Aと第2ロータ部20Bとに発生する反発力と吸引力との関係について説明する。この図5(A)～図5(F)では、上側にステータ30を下側に第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bを表す。なお、図5中では、図示及び説明の便宜上ステータ30及び第1、第2ロータ部20A、20Bを直線上に示し、ロータ20は、図中の右側に向けて駆動されるものとして説明を行う。

【0026】先ず、図4に示す向きに第1コイル部40Aが通電された際の動作について説明する。図5(A)に示すように、第1ロータ部20Aと対応する部位がS極に磁化されたステータ30の極歯32に対して、第1ロータ部20Aが遅れているときには、極歯32と第1ロータ部20Aの永久磁石44との間に吸引力が発生する(図中で吸引力を実線で示す)。この際に、ステータ30の第2ロータ部20Bと対応する部位はN極に磁化されている。また、図1を参照して上述したように第2ロータ部20Bは、第1ロータ部20Aに対して1/2ピッチ分偏位しているため、第2ロータ部20Bの永久磁石44は、極歯32に対して進んでいる。このため、該永久磁石44は、第2ロータ部20Bの鉄芯20bに対して吸引力を発生すると共に、ステータ30のN極の極歯32に対して反発力を発生させる(図中で吸引力を破線で示す)。これにより、ロータ20は図中右向きの推力を発生する。

【0027】上述した第1ロータ部20Aの吸引力並びに第2ロータ部20Bの吸引力および反発力とによって、図5(B)に示すように、ステータ30の極歯32と第1ロータ部20Aの永久磁石44が対向する位置まで移動すると、第2ロータ部20Bの永久磁石44は、極歯32に対して1/2ピッチ偏位した位置まで連れ回りする。即ち、図4に示す向きに第1コイル部40Aが通電されると、ロータ20は1/2ピッチ分回転する。

【0028】ここで、図3に示す向きに第1コイル部40Aの通電方向が切り換えられると、図5(C)に示すように極歯32の磁極は反転するが、図5(C)に示す位置で第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bはトルクを発生しない。しかしながら、図5(A)に示す状態中に発生された慣性力により、図5(D)に示すように極歯32と第1ロータ部20Aとがずれると、N極に磁化されたステータ30の極歯32に対して、第1ロータ部20Aの鉄芯20aが吸引力を発生すると共に、第1ロータ部20Aの永久磁石44が反発力を発生する。このとき、S極に磁化された極歯32に対して、第2ロータ部20Bが吸引力を発生する。これにより、ロータ20図中右向きの推力を発生する。

【0029】上述した第1ロータ部20Aの吸引力および反発力並びに第2ロータ部20Bの吸引力とによって、図5(E)に示すように、ステータ30の極歯32と第2ロータ部20Bの永久磁石44が対向する位置まで移動すると、第1ロータ部20Aの永久磁石44は、極歯32に対して1/2ピッチづつ偏位した位置まで連れ回りする。即ち、図4に示す第1コイル部40Aの通電方向から図3に示す通電方向に切り換えられることにより、ロータ20は1/2ピッチ分回転する。この後、図5(F)に示すように通電方向が切り換えられ、更に1/2ピッチ分ロータ20が回転する。

【0030】ここで、第1実施例のステッピングモータ10が、第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bと、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dとが上述したように1/4ピッチ分ずらされていることにより、一定方向に回転し得る原理について図6を参照して説明する。なお、図6においては極歯32と各ロータの鉄芯20a～dに作用する吸引力の図示は省略されており、以下の説明においてもこの吸引力の記載を省略する。この説明に先立ち、第1コイル部40Aの通電の切り換えタイミングを示す図7(A)と、第2コイル部40Bの通電の切り換えタイミングを示す図7(B)とを参照して、励磁方向の切り換えについて説明する。この第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bを付勢する第1コイル部40Aと、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dを付勢する第2コイル部40Bとの通電は、図7に示すように、第2ロータ部20Bと第3ロータ部20Cとの間の上述した1/4ピッチ分の機械的差分に相当するように、1/4位相ずらされて切り換えられる。

【0031】先ず、図4に示す向きに第1コイル部40A及び第2コイル部40Bが通電されている際の動作について説明する。この通電のタイミングは、図7に示すタイミングt1に相当する。図6(A)及び図6(B)に示すように、第1ロータ部20Aと対応する部位がS極に磁化されたステータ30の極歯32に対して、第1ロータ部20Aが遅れているときには、極歯32と第1

ロータ部20Aの永久磁石44との間に吸引力が発生する(図中で吸引力を実線で示す)。このとき、ステータ30の第2ロータ部20Bと対応する部位はN極に磁化されている。第2ロータ部20Bは、第1ロータ部20Aに対して1/2ピッチ分偏位しているため、第2ロータ部20Bの永久磁石44は、極歯32に対して進んでいる。このため、該永久磁石44は、ステータ30のN極の極歯32に対して反発力を発生させる(図中で反発力を破線で示す)。

【0032】この時、図7(B)に示すように第2コイル部40Bは、第1コイル部40Aと逆向きに通電され、図4に示すように第3ロータ部20Cと対応する部位のステータ30の極歯32は、N極に磁化される。この時、第3ロータ部20Cは、第2ロータ部20Bに対して1/4ピッチ進んでいるため、極歯32に対して進んでいる。このため、N極の極歯32と第3ロータ部20Cの永久磁石44との間に反発力が発生する。また、ステータ30の第4ロータ部20Dと対応する部位はS極に磁化されている。第4ロータ部20Dは第3ロータ部20Cに対して1/2ピッチ分偏位しており、第4ロータ部20Dの永久磁石44は、極歯32に対して第3ロータ部20Cよりも更に進んでいるため、次のピッチの永久磁石44が該極歯32に対応し、当該永久磁石44は、極歯32に対して遅れている。このため、該永久磁石44は、ステータ30のS極の極歯32に対して吸引力を発生させる。即ち、第1ロータ部20A～第4ロータ部20Dの推力が合算されて、ロータ20に図中右向きの推力を与える。

【0033】ここで、図7に示すタイミングt2にて、図7(B)に示すように第2コイル部40Bの通電方向が切り換えられる。このとき、図6(C)に示すように、第3ロータ部20Cは、極歯32と1/4ピッチづれ、即ち、極歯32と極歯32との中間に位置し、他方、第4ロータ部20Dは、極歯32と対向している。このため、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dは、推力を発生していない。これに対して、第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bは、図中右方向への推力を発生し続けている。このため、ロータ20は、図中右向に推力が与えられる。

【0034】また、図7に示すタイミングt3にて、図7(A)に示すように第1コイル部40Aの通電方向が切り換えられる。このとき、図6(D)に示すように、第1ロータ部20Aは極歯32と対向し、第2ロータ部20Bは極歯32と極歯32との中間に位置している。このため、第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bは、推力を発生していない。これに対して、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20D、図中右方向への推力を発生し続けている。このため、ロータ20に引き続き図中右向きの推力が与えられる。

【0035】図6(E)、図6(F)に示す状態におい

て、第1ロータ部20A～第4ロータ部20Dは、それぞれ右向きの推力を発生している。これは、図7に示すタイミングt3からタイミングt4までに相当する。ここで、図7に示すタイミングt4にて、図7(B)に示すように第2コイル部40Bの通電方向が切り換えられる。このとき、図6(G)に示すように、第3ロータ部20Cは極歯32と対向し、第4ロータ部20Dは極歯32と極歯32との中間に位置している。このため、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dは、推力を発生していない。他方、第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bは、図中右方向への推力を発生し続けている。

【0036】また、図7に示すタイミングt5にて、図7(A)に示すように第1コイル部40Aの通電方向が切り換えられる。このとき、図6(H)に示すように、第1ロータ部20Aは、極歯32と極歯32との中間に位置し、第2ロータ部20Bは極歯32と対向している。従って、第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bは、推力を発生していない。これに対して、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dは、図中右方向への推力を発生し続けている。このため、ロータ20に引き続き図中右向きの推力が与えられる。

【0037】上述したように、第1実施例のステッピングモータ10では、第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bと第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dとの間を1/4ピッチ分偏位されているため、ロータ20の回転位置に関わらず常に一定方向への推力を発生させることができる。このため、どの位置でロータ20が停止していても一定方向に起動できる。なお、上述した第1コイル部40Aと、第2コイル部40Bとの通電タイミングを逆にすることにより、図6に示す左方向の推力、即ち、逆方向に回転させることができる。

【0038】次に、図8を参照して、第1実施例のステッピングモータ10の設計寸法について説明する。図8(A)はロータ20の側面を示している。このロータ20は、外径φ20mm(正確には19.0986mm)に設定され、外周には、ピッチ角12°にて30個の永久磁石44が取り付けられている。図8(B)は、該ロータ20の正面を示している。第1ロータ部20A、第2ロータ部20B、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dは、それぞれ5mmの幅で形成され、1mmの間隔をおいて連結されている。即ち、ロータ20は幅23mmに形成されている。

【0039】図8(C)は永久磁石44の正面を示す。永久磁石44は、略矩形のものが用いられ、図1を参照して上述したようにN極側が外側を向くようにロータ20に取り付けられる。図8(D)は、ステータ30の正面を示している。ステータ30は、外径φ32mm、幅27に形成される。そして、コイル40部分の厚みは、2mmに形成される。

【0040】第1実施例のステッピングモータ10について、発生トルクを演算したところ、ロータの単位表面積当たり従来の品と比べて、4倍程度のトルクを発生し得ることが判明した。

【0041】即ち、第1実施例のステッピングモータ10では、図5及び図6を参照して前述したように、ロータ20の外周に配置された全ての永久磁石44において、吸引力又は反発力を発生すると共に、永久磁石44と、これに対向する極歯32の極性が等しい場合、極歯32がロータ20の鉄芯20a~dに対して吸引力を発生し、これらが加わって推力を発生させるため、トルクが大きくなるものと考えられる。即ち、従来技術のステッピングモータでは、複数相の内の1相のロータの極歯とステータの極歯との間での吸引力によってのみトルクを得ていたのに比較して、本実施例のステッピングモータでは高いトルクを発生させ得る。また、従来のステッピングモータでは、ステータの極歯にコイルを巻回する構造を取るため、各極歯にコイルを巻くのが難しく、機械によっての作業が困難であった。これに対して、本実施例のステッピングモータでは、あらかじめループ状に巻回したコイル40A、40Bをステータ30の溝34にそれぞれ嵌合する構造のため、コイルを機械によって容易に巻くことができる。更に、従来技術のステッピングモータでは、極歯にコイルを巻回するため、ステータ側の極歯の間隔を短くできず、直接回転トルク発生に寄与しない無駄なスペースが多くなった。これに対して、本実施例のステッピングモータ10では、ステータ30の円周方向にコイル40を配置するため、極歯32と極歯32との間の距離を短くすることができ、ステッピングモータ10を小型に形成できる。このため、従来減速機付きのステッピングモータを配置して駆動していたロボットハンドの指関節等を、減速機を介さずに直接駆動することが可能となる。

【0042】ここで、本発明の第2実施例について図9を参照して説明する。ここで、上述した第1実施例と同様な部材については同一性のある参照符号を用いると共に説明を省略する。図1を参照して前述した第1実施例のステッピングモータ10では、ロータに第1ロータ部20A、第2ロータ部20B、第3ロータ部20C及び第4ロータ部20Dの4個のロータ部が配設されていたが、この第2実施例では、ロータ20に第1ロータ部20A及び第2ロータ部20Bの2個のロータ部が配設されている。この第2実施例においては、ロータ20の幅が約半分になりステッピングモータを小型に形成できるが、ロータ20の停止位置によっては、自始動できないと共に、ロータ20を起動する際の回転方向が定まらない。このため、ラッチ機構等の逆転防止を設けることが要求される。或いは、第2実施例のステッピングモータを自始動の不要な何らかの補助駆動機関として用いることが必要となる。

【0043】次に、本発明の第3実施例について図10を参照して説明する。ここで、図1を参照して上述した第1実施例と同様な部材については同一性のある参照符号を用いると共に説明を省略する。第1実施例のステッピングモータ10では、ロータ20の表面の永久磁石44が全て外側へN極を向けるように配置されていた。これに対して、この第3実施例では、奇数番のロータ部、即ち、第1ロータ部20A、第3ロータ部20Cには、永久磁石44が外側へN極を向けるように配置される。そして、偶数番のロータ部、即ち、第2ロータ部20B、第4ロータ部20Dには、永久磁石44が外側へS極を来させるように配置される。また、第1実施例では、第1ロータ部20Aと第2ロータ部20Bとの間に1/2のピッチ位置がずらされていたが、この第3実施例では、第1ロータ部20Aと第2ロータ部20B、また、第3ロータ部20Cと第4ロータ部20Dとの間には、ピッチ位置がずらされていない。そして、第1ロータ部20A、第2ロータ部20Bと、第3ロータ部20C、第4ロータ部20Dとの間、即ち、第2ロータ部20Bと第3ロータ部20Cとの間に1/4分のピッチ位置がずらされている。

【0044】引き続き、この第3実施例のステッピングモータの動作について説明する。第1コイル部40A、第2コイル部40Bに図10に示す向きに電流が流されると、第1コイル部40Aには、図中左向きの磁束が発生し、第1ロータ部20Aに対応する部位がN極に、また、第2ロータ部20Bに対応する部位がS極に磁化される。同様に、第2コイル部40Bに図中右向きの磁束が発生し、第3ロータ部20Cに対応する部位がS極に、また、第4ロータ部20Dに対応する部位がN極に磁化される。

【0045】第1ロータ部20Aに対応するロータ20の部位がN極に、また、第2ロータ部20Bに対応する部位がS極に磁化されると、N極の永久磁石44が取り付けられた第1ロータ部20A、及び、S極の永久磁石44が取り付けられた第2ロータ部20Bに反発力が発生する。さらに、第1、第2ロータ部20A、20Bに対向したステータ30の各部位が第1、第2ロータ20A、20Bの鉄芯20a、20bをそれぞれ吸引することは第1実施例と同様である。他方、第3ロータ部20Cに対応するロータ20の部位がS極に、また、第4ロータ部20Dに対応する部位がN極に磁化されると、N極の永久磁石44が取り付けられた第3ロータ部20C、及び、S極の永久磁石44が取り付けられた第4ロータ部20Dに吸引力が発生する。これら第1ロータ部20A~第4ロータ部20Dの推力が合わされて、ロータ20が駆動される。

【0046】ここで、1/2ピッチ分ロータ20が回転するのに合わせて、第1コイル部40A、及び、第2コイル部40Bの通電方向を切り換えることにより、ステ

ータ 30 の磁化の極性が反転し、第 1 ロータ部 20 A 及び第 2 ロータ部 20 B に吸引力が発生し、第 3 ロータ部 20 C 及び第 4 ロータ部 20 D に反発力が発生すると共に、第 3、第 4 ロータ部 20 C、20 D に対向したステータ 30 の各部位が第 3、第 4 ロータ部 20 C、20 D の鉄芯 20 c、20 d をそれぞれ吸引する。これら第 1 ロータ部 20 A ~ 第 4 ロータ部 20 D の推力が合わされて、ロータ 20 を回転させ続ける。ここで、第 1 ロータ部 20 A、第 2 ロータ部 20 B と、第 3 ロータ部 20 C、第 4 ロータ部 20 D との間、即ち、第 2 ロータ部 20 B と第 3 ロータ部 20 C との間に 1/4 分のピッチ位置がずらされているため、ロータ 20 の角度にかかわらず、安定した推力を発生させ得ると共に、自起動が可能である。

【0047】この第 3 実施例の構成によれば、複数のロータ部の組付けが容易であるという利点がある。

【0048】次に、本発明の第 4 実施例について図 11 を参照して説明する。図 11 (A) は第 4 実施例のステッピングモータの断面を、図 11 (B) は、ステータ 30 の極歯 32 A、32 B をロータ側から見た状態を示している。図 1 を参照して上述したように第 1 実施例の第 1 ロータ部 20 A 及び第 2 ロータ部 20 B と、第 3 ロータ部 20 C 及び第 4 ロータ部 20 D とは（即ち、第 2 ロータ部 20 B と第 3 ロータ部 20 C）、1/4 ピッチ偏位して配置されていたのに対して、この第 4 実施例のステッピングモータでは、図 11 (A) に示すように第 2 ロータ部 20 B と第 3 ロータ部 20 C とは偏位されていない。この代わりに、第 4 実施例では、第 1 コイル部 40 A に対応する極歯 32 A と、第 2 コイル部 40 B に対応する極歯 32 B とが図 11 (B) に示すように、ロータ 20 側の永久磁石 44 のピッチの 1/4 分偏位されている。なお、永久磁石 44 は、第 1 実施例と同様に全て外側を N 極が指向するように配置されている。

【0049】この第 4 実施例のステッピングモータは、極歯 32 A と極歯 32 B とを 1/4 ピッチ偏位させることにより、第 1 実施例のステッピングモータ（第 2 ロータ部 20 B と第 3 ロータ部 20 C とを 1/4 偏位させている）と同様に回転し得る。この第 4 実施例では、複数のロータ部の組付けが容易であるという利点がある。

【0050】次に、本発明の第 5 実施例について図 12 を参照して説明する。ここで、図 1 を参照して上述した第 1 実施例と同様な部材については同一性のある参照符号を用いると共に説明を省略する。第 1 ~ 4 実施例のステッピングモータ 10 では、ロータ 20 の表面に永久磁石 44 が同ピッチの鉄芯の表面を介して配置されていた。これに対して、第 5 実施例では、ロータ 20 の表面に永久磁石 44 が全周に渡って配置され、また、隣接する永久磁石 44 は異なる極性に配置されている。かかる第 5 実施例の構成によれば、第 1 ~ 4 実施例のステッピングモータよりも更に高いトルクを発生させ得るものと

考えられる。

【0051】ここで、本発明の第 6 実施例について図 14 を参照して説明する。上述した第 1 ~ 第 5 実施例では、ロータ 20 をステータ 30 に内周に配置したが、第 6 実施例のステッピングモータでは、この代わりに、ステータ 30 をロータ 20 の内周に配置した（インナーステータ・アウトロータタイプ）。そして、ステータ 30 を支持部材 142 にて支持し、ステータ 30 の外周をロータ 20 が回転する構成を取っている。図 14 では、第 1 実施例と同様に、永久磁石 44 と極歯 32 とが配置されているが、この関係は、上述した第 2 実施例 ~ 第 5 実施例の様に適宜の形態を取り得るものである。

【0052】第 1 実施例 ~ 第 6 実施例を参照して説明したように、本発明のステッピングモータでは、2 個以上のロータ部を設けることにより回転動作を行うことができる。また、3 個以上のロータ部を設け、ロータ部の永久磁石 44 のピッチと、ステータ 30 側の極歯 32 のピッチとに相対的に差を設けることにより、自始動が可能となる。なお、上述した第 1 実施例では、第 1 ロータ部 20 A と第 2 ロータ部 20 B とのピッチ位置のずれを 1/2 とし、また、第 2 ロータ部 20 B と第 3 ロータ部 20 C とのピッチ位置のずれを 1/4 としたが、これらの値としては種々の値を選択し得る。また、第 1、第 2、第 4 実施例では、永久磁石 44 を外側が N 極を指向するように配置したが、これを S 極を指向するように配置することも勿論できる。更に、第 1 ~ 第 6 実施例では、ステッピングモータのトルクを向上させるため溝 34 を設けたが、これを省略することも可能である。

【0053】

【効果】以上記述したように本発明のステッピングモータでは、ロータの外周に配置された全ての永久磁石において、吸引力又は反発力が発生し、これらが加わって推力を発生させるため、大きなトルクを発生し得る。また、本発明のステッピングモータでは、ステータの円周方向にコイルを巻回する構造を取るため、コイルを機械によって容易に巻くことができ、生産性に優れる。更に、本発明のステッピングモータでは、ステータの円周方向にコイルを配置するため、極歯間の距離を短くすることができ小型化し易い。このため、従来減速機付きのステッピングモータを配置して駆動していたロボットハンドの指関節等を、減速機を介さずに直接駆動することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施例に係るステッピングモータの一部切り欠き側面図である。

【図 2】図 1 の A-A 断面図である。

【図 3】第 1 実施例に係るステッピングモータの磁化の極性を示す説明図である。

【図 4】第 1 実施例に係るステッピングモータの磁化の極性を示す説明図である。

17

【図5】第1実施例に係るステッピングモータに発生する推力を示す説明図である。

【図6】第1実施例に係るステッピングモータに発生する推力を示す説明図である。

【図7】通電方向を示すタイムチャートであって、図7(A)は、第1コイル部の通電タイミングを、図7(B)は、第2コイル部の通電タイミングを示している。

【図8】ステッピングモータの構成部材の図であって、図8(A)はロータの側面図であり、図8(B)はロータの正面図あり、図8(C)は永久磁石の正面図であり、図8(D)はステータの正面図である。

【図9】本発明の第2実施例に係るステッピングモータの一部切り欠き側面図である。

【図10】本発明の第3実施例に係るステッピングモータの一部切り欠き側面図である。

【図11】本発明の第4実施例に係るステッピングモータを示し、図11(A)は一部切り欠き側面図であり、図11(B)はロータ側から見たステータの平面図である。

18

*【図12】本発明の第5実施例に係るステッピングモータの一部切り欠き側面図である。

【図13】本発明のステッピングモータに発生する推力を示す説明図である。

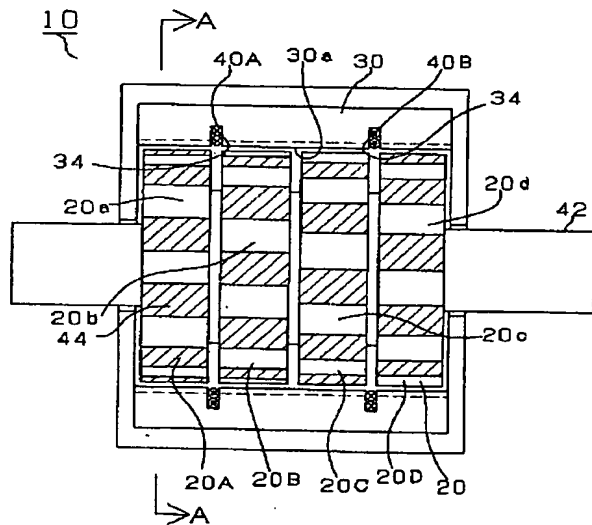
【図14】本発明の第6実施例に係るステッピングモータの側面断面図である。

【図15】従来技術に係るステッピングモータの構成を示す説明図である。

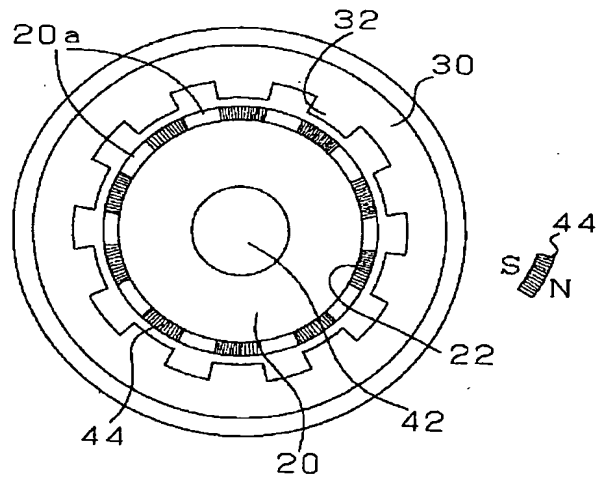
【符号の説明】

- 10 ステッピングモータ
20 ロータ
20A 第1ロータ部
20B 第2ロータ部
20C 第3ロータ部
20D 第4ロータ部
30 ステータ
32 極歯
40 コイル
40A 第1コイル部
40B 第2コイル部
*20 40B 第2コイル部

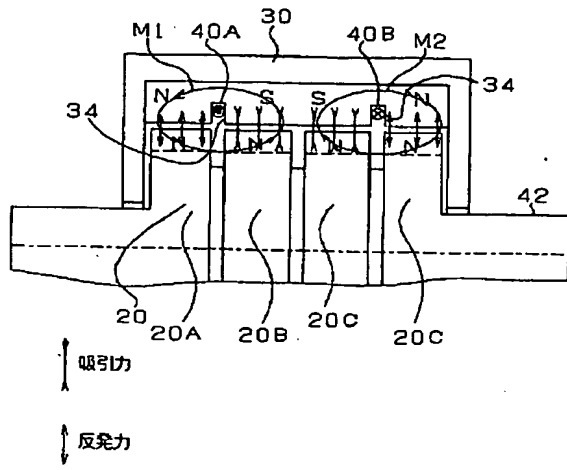
【図1】



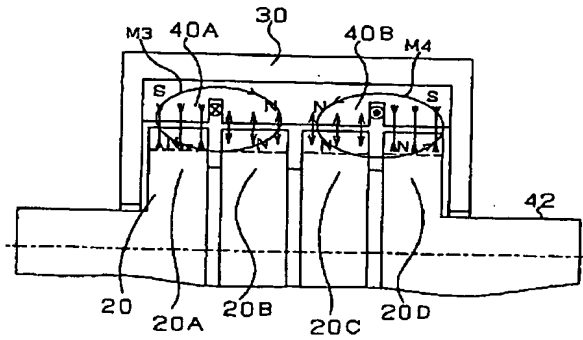
【図2】



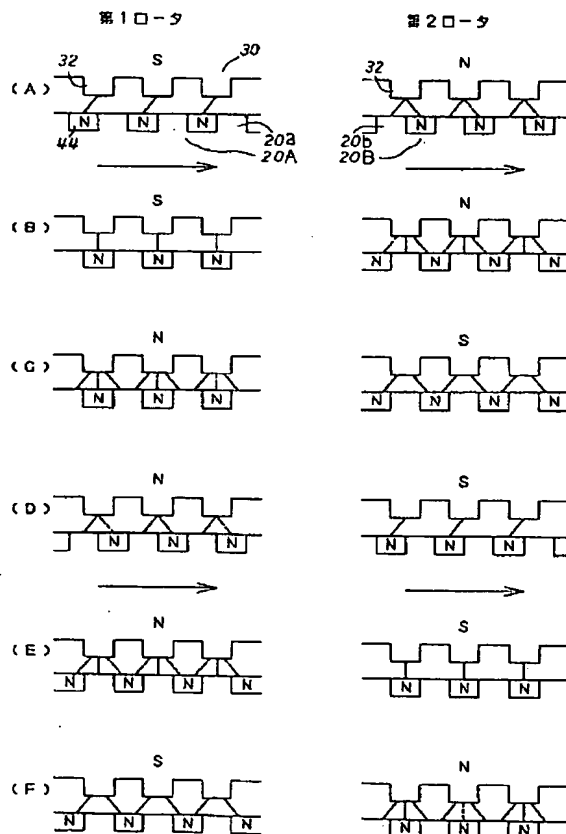
【図3】



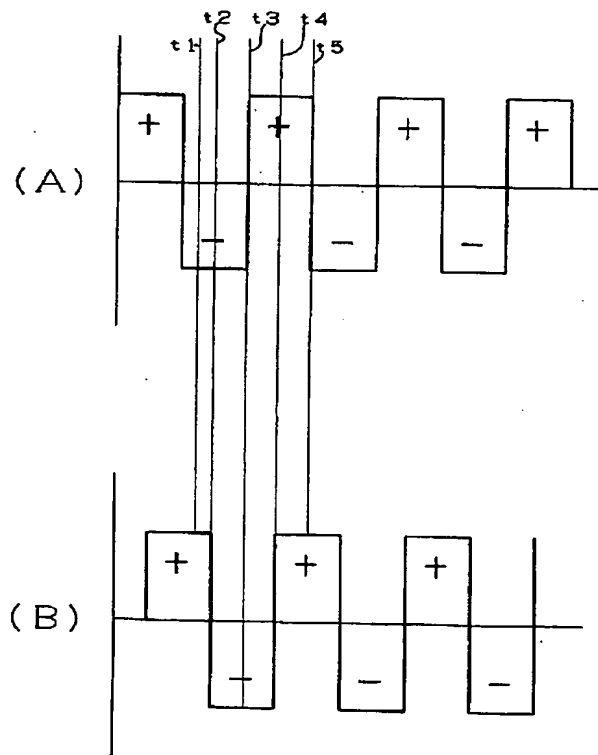
【図4】



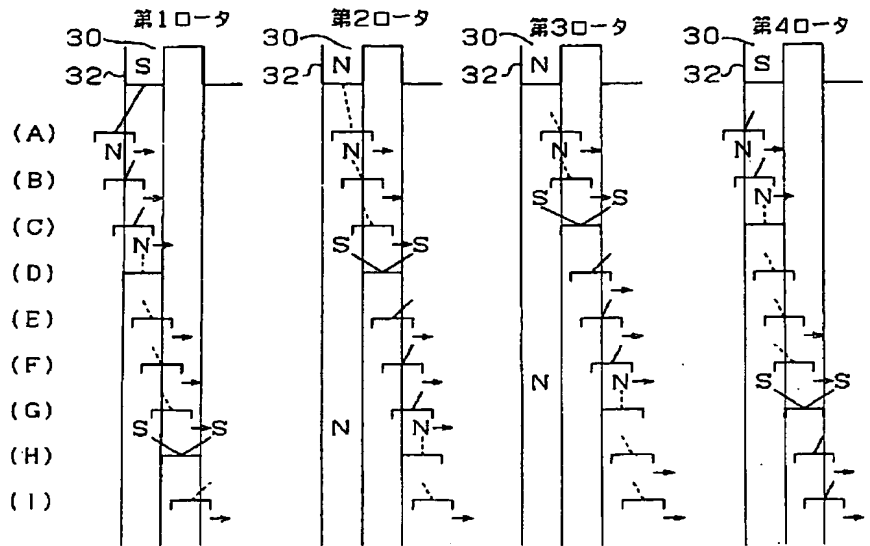
【図5】



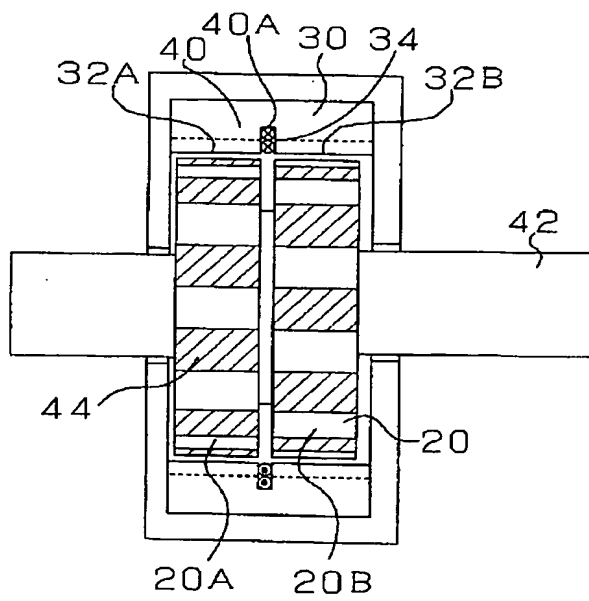
【図7】



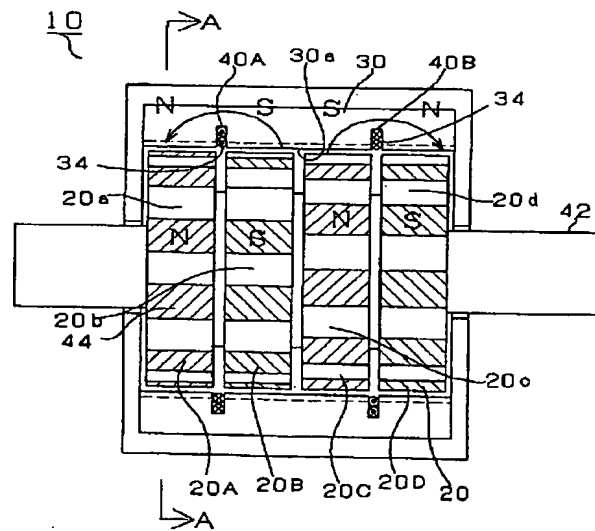
【図6】



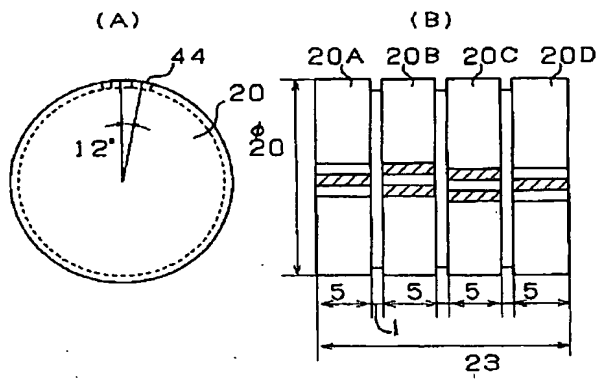
【図9】



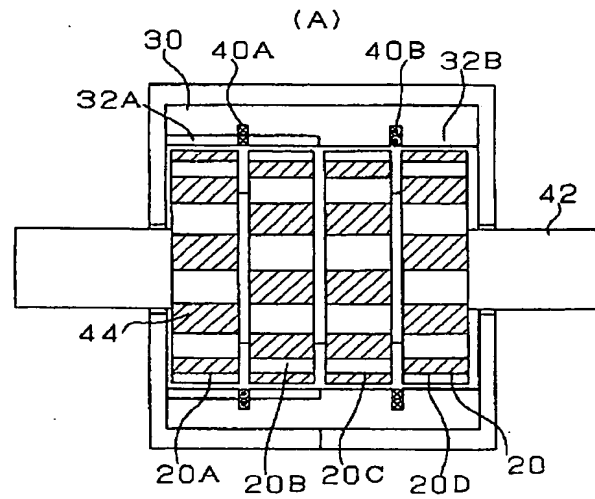
【図10】



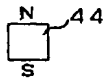
【図8】



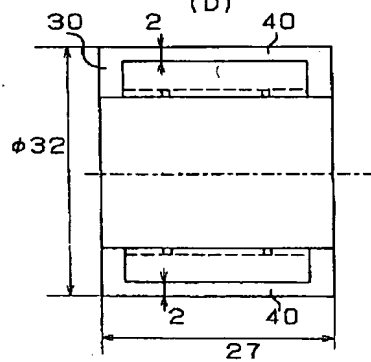
【図11】



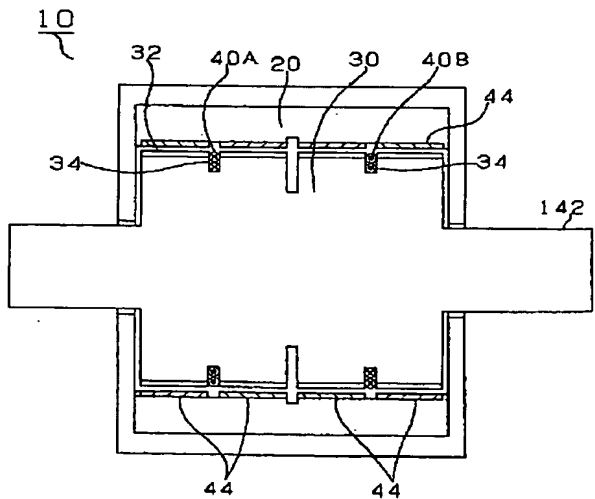
(C)



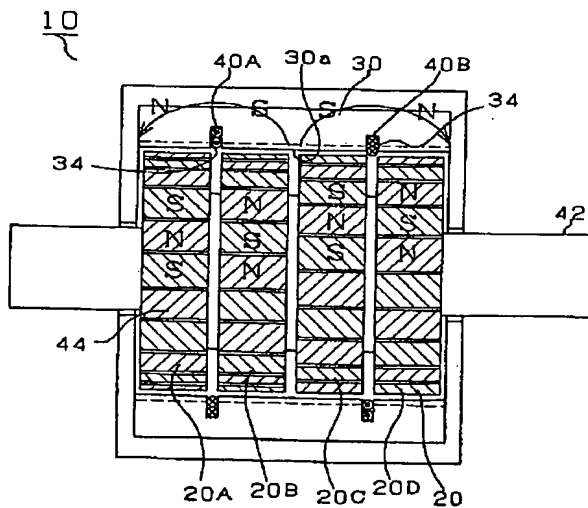
(D)



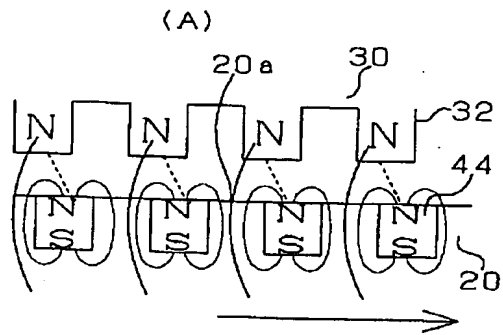
【図14】



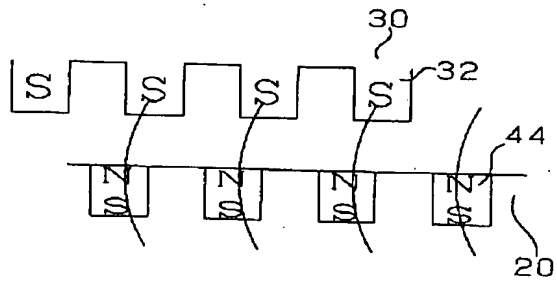
【図12】



【図13】



(B)



【図15】

